

レーザドップラ速度計とFEM解析を用いた実橋梁の構造同定

長崎大学 正会員 ○牧野 高平
長崎大学 正会員 松田 浩
長崎大学 正会員 森田 千尋

長崎大学 学正会員 宮崎 翼
長崎大学 学正会員 永山 隼
(株)K&T こんさるたん 非会員 柳井 茂

1. 序論

高度経済成長期に建設され現在供用されている橋梁の多くは、高齢化を向かっており、今後メンテナンス需要の急増が予想される。橋梁の詳細点検には数多くの手法が存在するが、その多くは近接するための足場架設や部材へのセンサー等の設置が必要となる場合が多い。

本研究では、長距離・非接触で計測が可能なレーザドップラ速度計（以下、LDV）を用いて、実橋梁の振動・変位計測を実施し、FEM 解析との比較検討から実橋梁の構造特性の把握を行うとともにメンテナンス手法としての適用へ向けた検討を行った。

2. レーザドップラ速度計

2.1 計測器概要

本計測器は、レーザのドップラ効果を利用して、対象物の速度を非接触かつ遠距離で計測可能な計測装置である。さらに得られた速度を積分することで計測点の変位を、FFT 処理を行うことで卓越振動数を算出することが可能である。

2.2 変位計測精度検証

本実験では、レーザ変位計との結果の比較から LDV の変位計測における計測精度の検証を行った。下端を固定したアルミ製試験体に加振器を使用して振幅 1.0mm, 1.4mm 程度に加振し、計測を行った（周波数 20Hz）。試験体寸法および計測概要を図-1 に示す。計測距離による計測精度への影響を検討するため、レーザドップラの計測距離を 3m, 6m と変化させて計測を行った。

計測結果を表-1 に示す。LDV による変位計測結果は、レーザ変位計の計測結果と比較して良好な結果となっており、また、計測精度が計測距離に影響されないことを確認することが出来た。

3. 実橋梁計測

3.1 計測概要

今回の計測では、表-2 に示す鋼橋とコンクリート橋の 2 橋を対象として LDV による計測を行った。計測時はレーザを橋梁下面に照射し、振動モード推定および計測精度向上を目的として LDV2 台を同期させ計測を行った。それぞれ得られた結果に FFT 処理を行い卓越振動数の算出を行う。さらに A 橋では、得られた振幅スペクトルから振動モードを、B 橋では、速度を積分処理し変位を算出する。

3.2 FEM 解析概要

対象橋梁の構造同定を目的として、計測とあわせて 3

次元 FEM 解析を実施した。解析モデルおよび解析条件を図-2、表-3 に示す。A 橋および B 橋コンクリート床版部にはソリッド要素、B 橋主桁部にはシェル要素を使用しモデル作成を行った。

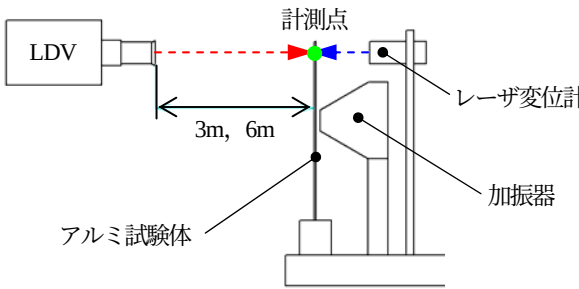


図-1 変位計測概要

表-1 計測結果

計測距離	平均振幅 (mm)		誤差 (%)
	LDV	レーザ距離計	
3m	0.91	0.99	8.5
	1.43	1.44	0.9
6m	1.04	1.10	5.4

表-2 対象橋梁概要

	形式	橋長	支間長
A 橋	2 径間連続鋼箱桁橋	97.0m	48.0m
B 橋	3 径間 PC 単純 T 桁橋	48.0m	19.4m

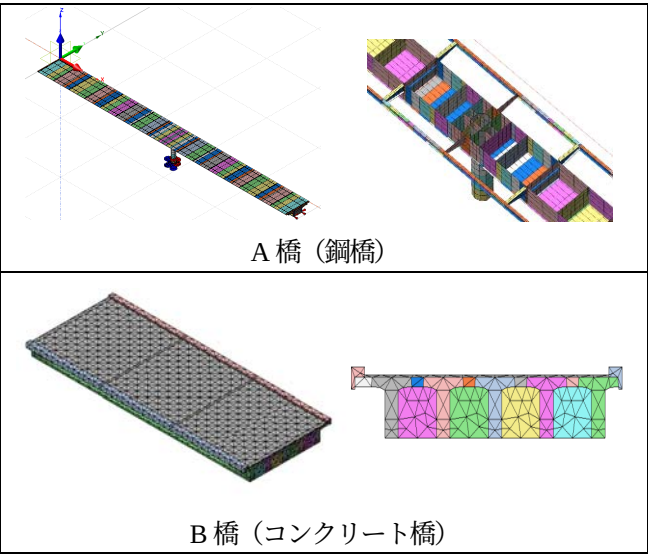


図-2 解析モデル

キーワード：レーザドップラ速度計、長距離・非接触、固有振動数、振動モード、3次元 FEM 解析
連絡先 長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学大学院工学研究科インフラ長寿命化センター TEL095-819-2880

3.3 計測および解析結果

固有振動数の計測値と解析値の比較を表-4に示す。A橋における変位の比較結果を表-5に、B橋における振動モードの比較結果を図-4に示す。これらの結果から、今回の解析モデルは、対象とした橋梁の構造特性を良好にシミュレートできていると考えられる。

4. 部材損傷の固有振動数への影響

部材損傷による固有振動数への影響を検討するため、RC梁を用いた振動計測を実施した。試験体寸法を図-5に示す。試験は4点曲げにより、一定加重(10, 20, 30kN)まで荷重後、一度除荷する。その後、打撃により試験体を加振し固有振動数を計測する。荷重時の荷重-変位曲線を図-6に、固有振動数計測結果を図-7に示す。計測結果から、荷重による振動数の低下を確認できる。

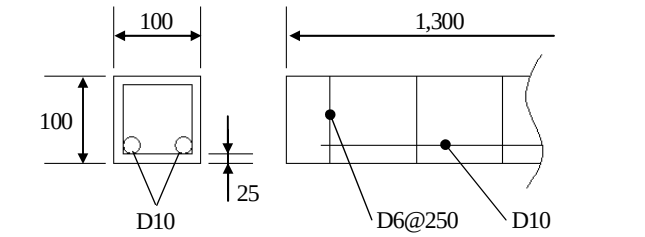


図-5 試験体寸法 (mm)

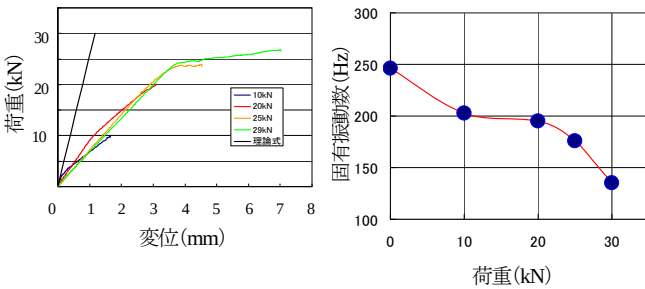


図-6 荷重試験結果

図-7 計測結果

5. 結論

レーザドップラ速度計の使用で、非接触かつ簡易に実橋梁の固有振動数等を高精度に計測でき、さらに3次元FEM解析結果と比較検討を行うことで実橋梁の構造特性の把握が可能であることが確認できた。また、RC梁を用いた試験結果から部材の損傷による固有振動数の低下を明らかにすることができた。今後はこの影響を定量的に評価していく必要がある。しかし、今回のRC梁の実験において、振動数低下を確認した時点ですでに荷重によるひび割れが発生している点などからも、固有振動数計測のみからの評価手法を実橋梁の健全度診断に適用することは困難であることが推測される。今後は、レーザドップラ速度計の実橋梁への適用事例を増やし、固有振動数、変位、振動モードの計測および3次元FEM解析を総合的に組み合わせた健全度評価システムの構築に向けて検討を行っていく予定である。

表-3 解析条件

部材	A 橋		B 橋	
	コンクリート	鋼	コンクリート	
ヤング係数 (N/mm ²)	32,500	200,000	25,000	
ポアソン比	0.2	0.3	0.2	
質量密度 (kg/mm ³)	2.5E-5	7.7E-5	2.45E-5	
構造減衰比	0.05	0.05	0.05	

表-4 結果比較 (固有振動数 Hz)

	A 橋			B 橋		
	LDV	解析	誤差	LDV	解析	誤差
1 次	3.25	3.31	1.8%	2.12	2.30	7.8%
2 次	6.23	6.13	1.6%	2.72	2.52	7.9%
3 次	8.20	7.92	3.5%	3.12	3.40	8.2%

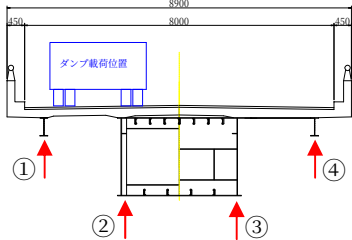


図-3 計測点 (B 橋)

表-5 結果比較 (B 橋, 変位)

計測点	計測値(mm)	解析値(mm)	誤差
①	6.45	6.73	4.2%
②	5.05	5.63	10.3%
③	4.40	4.79	8.1%
④	4.47	4.26	4.9%

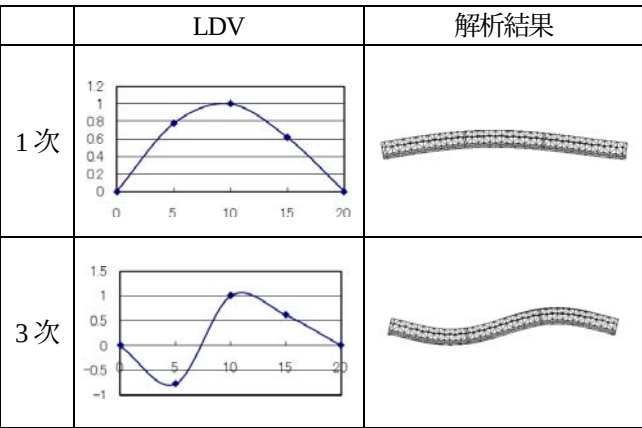


図-4 結果比較 (A 橋, 振動モード)

参考文献

- 1) 上半文昭, 構造物の振動を非接触で計る, 2007
- 2) 宮下剛, 久保田慶太, 藤野陽三ほか, 二台の無線 LAN 加速度計による橋梁の振動モード形同定, 土木学会第 61 回年次講演会, 2006.9